

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19)世界知的所有権機関
国際事務局



(43)国際公開日
2004年10月7日(07.10.2004)

PCT

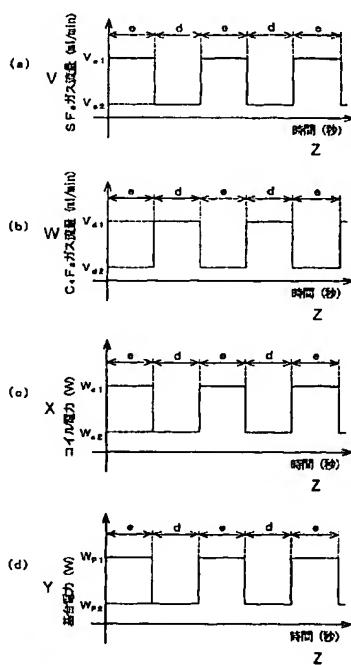
(10)国際公開番号
WO 2004/086478 A1

- (51)国際特許分類: H01L 21/3065
- (21)国際出願番号: PCT/JP2004/003693
- (22)国際出願日: 2004年3月18日(18.03.2004)
- (25)国際出願の言語: 日本語
- (26)国際公開の言語: 日本語
- (30)優先権データ:
特願2003-082740 2003年3月25日(25.03.2003) JP
- (71)出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友精密工業株式会社(SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 Hyogo (JP).
- (72)発明者; および
(75)発明者/出願人(米国についてのみ): 野沢 善幸(NOZAWA, Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 笠井 一夫(KASAI, Kazuo) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 河野 広明(KOUNO, Hiroaki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).
- (74)代理人: 村上 智司(MURAKAMI, Satoshi); 〒5310074 大阪府大阪市北区本庄東1丁目1番10号 ライズ88ビル804号 Osaka (JP).
- (81)指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

/続葉有/

(54)Title: METHOD OF ETCHING SILICON SUBSTRATE AND ETCHING APPARATUS THEREFOR

(54)発明の名称: シリコン基板のエッティング方法及びエッティング装置



V...SF₆ GAS FLOW RATE (ml/min)

W...C₄F₈ GAS FLOW RATE (ml/min)

X...COIL POWER (W)

Y...BASE POWER (W)

Z...TIME (S)

(57)Abstract: A method of etching a silicon substrate, which ensures high etching rate and can provide an etching structure excelling in wall surface smoothness and perpendicularity. The etching is accomplished by sequentially repeating the step of applying bias potential to a silicon substrate through application of firm power thereto, progressing a dry etching mainly on etching ground with the use of a mixture of SF₆ gas and fluorocarbon gas and the step of forming a protective film mainly on a structure surface perpendicular to etching ground with the use of the above-mentioned mixed gas. The mixed gas for use in the step of dry etching progress is one consisting of 100 vol. of SF₆ gas and 5 to 12 vol. of fluorocarbon gas. The mixed gas for use in the step of protective film formation is one consisting of 2 to 5 vol. of SF₆ gas and 100 vol. of fluorocarbon gas.

(57)要約: 本発明は、エッティング速度が速く、しかも壁面の平滑性及び直角度に優れたエッティング構造を得ることができるシリコン基板のエッティング方法等に関する。エッティング工程は、シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電力を与えつつ、SF₆ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッティンググランドにおけるドライエッティングを行なわせる工程と、同じく混合ガスを用いて、主としてエッティンググランドに対して垂直な構造面に保護膜を形成させる工程とが順次繰り返して行われる。ドライエッティング進行工程における混合ガスは、SF₆ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5~12容量混合させたものとし、保護膜形成工程における混合ガスを、フロロカーボンガス100容量に対してSF₆ガスを2~5容量混合させたものとされる。

WO 2004/086478 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 國際調査報告書

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドンスノート」を参照。

明細書

シリコン基板のエッティング方法及びエッティング装置

5 技術分野

本発明は、ドライエッティングプロセスによって、シリコン基板に、例えば、溝などの構造面を形成するシリコン基板のエッティング方法及びエッティング装置に関する。

10 背景技術

ドライエッティングプロセスによってシリコン基板上に溝などの構造物を形成する、例えば半導体集積回路の分野では、益々高集積化、高密度化が進められており、高精度にトレンチ（深溝若しくは深穴）を形成すことのできるエッティング技術が求められている。そして、このような15 トレンチエッティングを目的としたエッティング法として、従来、特表平7-503815号公報に開示されるようなエッティング法が知られている。

このエッティング法は、シリコン基板表面に所望形状のエッティングマスクを形成した後、プラズマ化したSF₆とArの混合ガスを用い基板表面をドライエッティングして溝若しくは穴を形成するエッティング工程と、同じくプラズマ化したCHF₃とArの混合ガスを用い、前記溝若しくは穴（以下、溝等という）の側壁に保護膜を形成する重合工程（保護膜形成工程）とを交互に繰り返すことによって、深溝若しくは深穴（以下、深溝等という）を形成するというものである。

25 このエッティング法によれば、ドライエッティングによって順次形成された溝等の壁面がその後保護膜によって被覆され、以降のドライエッキン

グの際にこの保護膜により前記壁面が保護されるため、極端なサイドエッティングやアンダーカットが防止され、見かけ上垂直な壁面を備えた溝等を形成することができる。

ところが、上述したエッティング法には、次のような問題が存在した。

- 5 即ち、上記のエッティング法は、前記壁面に対する保護膜の形成を伴わないエッティング工程と、壁面に保護膜を形成する工程とを順次交番的に繰り返すというものであるため、エッティングされて新たに形成される壁面は、保護膜が形成されていない状態となっている。このため、エッティング工程では、エッティンググランド（溝等の底面）とともにこの壁面がエッティングされ、この結果、壁面が垂直方向に波打ったものとなり、加工精度の悪いものとなるのである。そして、壁面に形成されたこのような凹凸が原因となって、半導体集積回路の分野における高集積化、高密度化が阻害されていた。

- そこで、本発明者らは、シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えた状態で、エッティングガスと保護膜形成ガスとの混合ガスを用いてエッティング工程と保護膜形成工程の双方の工程を実施し、エッティング工程では多量のエッティングガスと少量の保護膜形成ガスとの混合ガスを用い、保護膜形成工程では少量のエッティングガスと多量の保護膜形成ガスとの混合ガスを用いるようにしたエッティング法を、特願 2001-299435号において既に提案している。

- このエッティング法によれば、エッティングガスと保護膜形成ガスとの混合ガスを用いてエッティング工程及び保護膜形成工程が実施されるので、エッティング工程では、エッティンググランドがエッティングガスによってエッティングされるとともに、エッティングによって順次形成される垂直な構造面が、保護膜形成ガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆され、引き続いて実行される保護膜形成工程において、前記垂直な構造面

が更に強固に保護膜によって被覆される。これにより、当該垂直な構造面に対するエッティングが抑制され、その表面の凹凸が小さく、しかも直角度に優れた垂直構造面を形成することができる。

また、シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えている
5 ので、エッティンググランドをイオン照射により物理的にエッティングする
ことができ、エッティング工程ではエッティング速度が速まる一方、保護膜
形成工程ではエッティンググランドに保護膜が形成されるのを防止するこ
とができる、その結果、全体のエッティング加工時間を短くすることができ
るという効果も奏される。

10 ところが、このエッティング法では、上記のように、エッティングガスと
保護膜形成ガスとの混合ガスを用いてエッティングするので、エッティング
によって形成された垂直構造面を有効に保護することができるという効
果がある反面、エッティンググランドでは、エッティングガスやイオン照射
によるエッティングと、このエッティングを抑制する保護膜の形成という相
15 反する作用とが同時に進行するため、エッティング作用をなすエネルギーが
保護膜の剥離にも費やされることとなり、この分、エッティング時に保護
膜形成ガスを用いないエッティング法に比べて、エッティング速度が低下す
るというデメリットを有している。

また、保護膜形成工程については、エッティングガスやイオンによって
20 、エッティンググランドに保護膜が形成されるのを抑制することができ、
全体のエッティング加工時間を短くすることができるという効果が奏され
る反面、エッティングガスは垂直構造面にも作用するため、当該垂直構造
面がエッティングされ易い環境となり、場合によっては、その表面を十分
に平滑にすることができないというデメリットがある。

25 そこで、本発明者らは前記混合ガスの混合割合について鋭意研究を重
ねた結果、エッティング進行工程で保護膜形成ガスを用いず、且つ保護膜

形成工程でエッティングガスを用いないエッティング法に比べて、エッティング速度を速くし、しかもエッティングによって形成される垂直構造面が十分に平滑で直角度に優れたものとなるような最適な混合割合について知見を得るに至った。

斯くして、本発明は、エッティング速度を低下させることなく、しかもエッティングによって形成される垂直構造面を十分に平滑で直角度に優れたものとすることができるシリコン基板のエッティング方法及びエッティング装置の提供を目的とする。

10 発明の開示

上記目的を達成するための本発明は、シリコン基板表面にエッティングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッティングガスを用いて前記エッティングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッティングして所定の構造面を形成するエッティング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッティングする方法であって、

前記エッティング工程を、
前記シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えつつ、
エッティングガスとしての SF_6 ガスと、保護膜形成ガスとしての C_4F_8 等のフロロカーボンガス ($C_x F_y$) との混合ガスを用いて、主としてエッティンググランドにおける前記ドライエッティングを進行させる工程と、

同じく前記 SF_6 ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッティンググランドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返して行うようにしたエッティング方法において、

前記ドライエッティング進行工程における前記混合ガスを、SF₆ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量混合させたものとし、

前記保護膜形成工程における前記混合ガスを、フロロカーボンガス1500容量に対してSF₆ガスを2～5容量混合させたものとしたことを特徴とするシリコン基板のエッティング方法に係る。

この発明によれば、上記ドライエッティングを進行させる工程では、エッティンググランドがSF₆ガスやイオン照射によってエッティングされるとともに、エッティングによって順次形成される垂直な構造面がフロロカ10一ボンガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆される。

また、引き続いて実行される保護膜形成工程では、前記垂直な構造面が保護膜によって更に強固に被覆されるとともに、エッティングガスやイオン照射によって、エッティンググランドに保護膜が形成されるのが抑制される。

尚、上記のように、ドライエッティング進行工程における前記混合ガスは、SF₆ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量混合させたもの、即ち、SF₆ガスとフロロカーボンガスとを容量比で100：5～12の範囲で混合したものが好ましい。フロロカーボンガスの量が5容量未満であると、フロロカーボンガスの量が少なすぎて、20エッティングによって形成された垂直構造面を有効に保護することができず、一方、フロロカーボンガスの量が12容量を超えると、フロロカーボンガスの量が多すぎて、エッティンググランドに保護膜が形成され易く、エッティング作用をなすエネルギーが保護膜の剥離に多く費やされて、エッティング時に保護膜形成ガスを用いないエッティング法に比べて、エッチ25ング速度が低下するからである。

また、保護膜形成工程における前記混合ガスは、フロロカーボンガス

100 容量に対して SF₆ ガスを 2 ~ 5 容量混合させたもの、即ち、フロロカーボンガスと SF₆ ガスとを容量比で 100 : 2 ~ 5 の範囲で混合させたものが好ましい。SF₆ ガスの量が 2 容量未満であると、SF₆ ガスの量が少なすぎて、エッティンググランドに保護膜が形成されるのを十分に抑制することができないため、十分なエッティング速度が得られず、一方、SF₆ ガスの量が 5 容量を超えると、SF₆ ガスの量が多すぎて、垂直構造面がエッティングされ易い環境となり、その表面精度が悪化するからである。

斯くして、この発明によれば、SF₆ ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いるとともに、ドライエッティング進行工程における混合ガス、及び保護膜形成工程における混合ガスを、それぞれ上記混合比率とすることで、ドライエッティング進行工程で保護膜形成ガスを用いず、且つ保護膜形成工程でエッティングガスを用いないエッティング法に比べて、エッティング速度を速くし、しかも、エッティングによって形成される垂直構造面を、表面精度の高い平滑面とすることができます。

また、前記シリコン基板に印加する電力は、これを、前記ドライエッティング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低くするのが好ましい。このようにすれば、前記ドライエッティング進行工程におけるイオンの照射速度を高め、エッティング速度を速めることができ一方、保護膜形成工程においては、前記垂直構造面に形成された保護膜が照射イオンによって剥離されるのを極僅かなものとすることができる、前記垂直構造面をより効果的に保護することができる。

更に、前記プラズマを発生させるための高周波電力についても、これを、前記ドライエッティング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低くするのが好ましい。このようにすれば、前記ドライエッティング進行工程では SF₆ ガスが効率よくプラズマ化してエッキン

グ速度が速まり、一方、保護膜形成工程ではプラズマ化するSF₆ガスの割合が低下して、垂直構造面がエッティングされ難くなり、当該垂直構造面をより効果的に保護することができる。

また、上記エッティング工程は、ドライエッティング進行工程から開始しても、或いは保護膜形成工程から開始しても良いが、保護膜形成工程から開始する方が前記垂直構造面の凹凸をより小さなものとすることができる点で好ましい。

そして、上述したエッティング方法は、以下のエッティング装置によってこれを好適に実施することができる。

- 10 即ち、このエッティング装置は、被エッティング物たるシリコン基板を収納するエッティングチャンバと、前記エッティングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、前記エッティングチャンバ内にエッティングガスたるSF₆ガスを供給するエッティングガス供給手段と、前記エッティングチャンバ内に保護膜形成ガスたるフロロカーボンガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、前記エッティングチャンバ内を減圧する減圧手段と、前記エッティングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッティングチャンバ内に供給された前記SF₆ガス及びフロロカーボンガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、前記エッティングガス供給手段及び前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッティングチャンバ内に供給される前記SF₆ガス及びフロロカーボンガスの流量を制御するガス流量制御手段と、前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

前記ガス流量制御手段は、前記SF₆ガスとフロロカーボンガスを連

続的且つその供給量を周期的に変化させて前記エッティングチャンバ内に供給するとともに、両者の位相が逆となるように前記供給量を制御し、更に、前記SF₆ガスの多量供給時にはSF₆ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量供給し、前記フロロカーボンガスの
5 多量供給時にはフロロカーボンガス100容量に対してSF₆ガスを2～5容量供給するように構成されてなることを特徴とする。

尚、前記基台電力制御手段は、前記基台に印加される電力を、前記SF₆ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されているのが好ましい。

10 また、前記コイル電力制御手段も同様に、前記コイルに印加される電力を、前記SF₆ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されているのが好ましい。

図面の簡単な説明

15 第1図は、本実施形態に係るエッティング装置の概略構成を一部ブロック図で示す断面図であり、第2図は、SF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量、並びにコイル及び基台に印加される高周波電力の制御状態を示すタイミングチャートである。また、第3図は、実験例における評価方法を説明するための説明図である。また、第4図は、実験例1におけるエッチング速度の測定結果を示した表であり、第5図は、実験例1におけるエッティング速度の測定結果を示したグラフであり、第6図は、実験例1における表面精度ρの測定結果を示した表であり、第7図は、実験例1における表面精度ρの測定結果を示したグラフであり、第8図は、実験例1における角度θの測定結果を示した表であり、第9図は、実験例1における角度θの測定結果を示したグラフである。また、第10図は、実験例2におけるエッティング速度の測定結果を示した表であり、第11図
20
25

は、実験例 2 におけるエッティング速度の測定結果を示したグラフであり、第 12 図は、実験例 2 における表面精度 ρ の測定結果を示した表であり、第 13 図は、実験例 2 における表面精度 ρ の測定結果を示したグラフであり、第 14 図は、実験例 2 における角度 θ の測定結果を示した表 5 であり、第 15 図は、実験例 2 における角度 θ の測定結果を示したグラフである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明をより詳細に説明するために、添付図面に基づいてこれ 10 を説明する。

まず、本実施形態に係るエッティング装置の構成について第 1 図に基づき説明する。第 1 図は、本実施形態に係るエッティング装置の概略構成を一部ブロック図で示す断面図である。

第 1 図に示すように、このエッティング装置 1 は、セラミックなどから 15 なり、内部にエッティング室 2 a が形成された筐体状のエッティングチャンバ 2 と、前記エッティング室 2 a 内の下部領域に配設され、被エッティング物たるシリコン基板 S を載置する基台 3 と、エッティング室 2 a 内にエッ 20 ティングガスたる SF₆ ガス及び保護膜形成ガスたる C₄F₈ 等のフロロカーボンガス (C_xF_y) を供給するガス供給部 7 と、エッティング室 2 a 内を減圧する減圧部 13 と、エッティング室 2 a 内に供給された SF₆ ガ 25 ス及びフロロカーボンガスをプラズマ化するプラズマ生成部 15 と、前記基台 3 に高周波電力を印加する高周波電源 18 と、これら各部の作動を制御する制御装置 20 とを備えている。

前記基台 3 上には、シリコン基板 S が O リング 4 などのシール部材を 25 介して載置される。基台 3 はその基部 3 a がエッティング室 2 a 外に導出されるように設けられており、その中心部には、基台 3 とシリコン基板

Sとの間に形成された空間 5 a に通じる連通路 5 が設けられ、この連通路 5 を通して前記空間 5 a 内にヘリウムガスが充填、封入されている。また、基台 3 には冷却水循環路 6 が形成されており、この冷却水循環路 6 内を循環する冷却水（20°C）により、前記基台 3 及びヘリウムガス 5 を介して、前記シリコン基板 S が冷却されるようになっている。また、この基台 3 には前記高周波電源 1 8 によって 13.56 MHz の高周波電力が印加されており、基台 3 及び基台 3 上に載置されたシリコン基板 S にバイアス電位を生じるようになっている。

前記ガス供給部 7 は、前記エッティングチャンバ 2 の上端部に接続されたガス供給管 8 と、このガス供給管 8 にそれぞれマスフローコントローラ 1 1, 1 2 を介して接続されたガスピポンベ 9, 1 0 とからなり、マスフローコントローラ 1 1, 1 2 により流量調整されたガスがガスピポンベ 9, 1 0 からエッティング室 2 a 内に供給されるようになっている。尚、本例では、ガスピポンベ 9 内にはエッティング用の SF₆ ガスが充填され、ガスピポンベ 1 0 内には保護膜形成用の C₄F₈ ガスが充填されている。

前記減圧部 1 3 は、前記エッティングチャンバ 2 の下端部に接続された排気管 1 4 と、この排気管 1 4 に接続された図示しない真空ポンプとかなり、この真空ポンプ（図示せず）によって前記エッティング室 2 a 内が所定の低圧に減圧されるようになっている。

前記プラズマ生成部 1 5 は、前記エッティングチャンバ 2 の前記基台 3 より高い位置の外周に沿って配設されたコイル 1 6 と、このコイル 1 6 に 13.56 MHz の高周波電力を印加する高周波電源 1 7 とからなり、コイル 1 6 に高周波電力を印加することによりエッティング室 2 a 内の空間に変動磁場が形成され、エッティング室 2 a 内に供給されたガスがこの変動磁場によって誘起される電界によってプラズマ化されるようになっている。

また、前記制御装置 20 は、前記マスフローコントローラ 11, 12 を制御し、ガスボンベ 9, 10 からエッティング室 2a 内に供給されるガス流量を調整するガス流量制御手段 21 と、前記コイル 16 に印加される高周波電力を制御するコイル電力制御手段 22 と、前記基台 3 に印加される高周波電力を制御する基台電力制御手段 23 とからなる。

次に、以上の構成を備えたエッティング装置 1 によりシリコン基板 S をエッティングするその態様について説明する。

まず、フォトリソグラフィなどを用いて所望形状のエッティングマスク（例えばレジスト膜や SiO₂ 膜など）をシリコン基板 S 上に形成した後、このシリコン基板 S をエッティングチャンバ 2 内に搬入し、O リング 4 を介して基台 3 上に載置する。この後、連通路 5 から空間 5a 内にヘリウムガスを充填、封入する。なお、冷却水循環路 6 内の冷却水は絶えず循環されている。

ついで、ガスボンベ 9 及び 10 から SF₆ ガス及び C₄F₈ ガスをそれぞれエッティング室 2a 内に供給するとともに、コイル 16 に高周波電力を印加し、基台 3 に高周波電力を印加する。

エッティング室 2a 内に供給される SF₆ ガスの流量は、第 2 図 (a) に示すように、V_{d2} から V_{d1} の範囲で矩形波状に変化し、また、C₄F₈ ガスの流量は、第 2 図 (b) に示すように、V_{d2} から V_{d1} の範囲で矩形波状に変化し、且つ SF₆ ガスの位相と C₄F₈ ガスの位相とが相互に逆になるようにそれぞれガス流量制御手段 21 によって制御される。

そして、SF₆ ガスの流量 V_{d1} と C₄F₈ ガスの流量 V_{d2} との流量比（即ち、混合容量比）V_{d1} : V_{d2} が 100 : 5 ~ 12 の範囲となるよう、また、SF₆ ガスの流量 V_{d2} と C₄F₈ ガスの流量 V_{d1} との流量比（即ち、混合容量比）V_{d2} : V_{d1} が 2 ~ 5 : 100 の範囲となるよ

うに、前記ガス流量制御手段 21 によって制御される。

また、コイル 16 に印加される高周波電力は、第 2 図 (c) に示すように、 W_{p_2} から W_{p_1} の範囲で矩形波状に変化し、基台 3 に印加される高周波電力は、第 2 図 (d) に示すように、 W_{p_2} から W_{p_1} の範囲で矩形波状に変化し、且つコイル 16 に印加される高周波電力の位相と基台 3 に印加される高周波電力の位相とが同位相となるようにそれぞれコイル電力制御手段 22、基台電力制御手段 23 によって制御される。

エッチング室 2a 内に供給された SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスは、コイル 16 によって生じた変動磁界内で、イオン、電子、F ラジカルなどを含むプラズマとなり、プラズマはこの変動磁界の作用によって高密度に維持される。プラズマ中に存在する F ラジカルは Si と化学的に反応して、シリコン基板 S から Si を持ち去る、即ちシリコン基板 S をエッティングする働きをし、イオンは基台 3 及びシリコン基板 S に生じた自己バイアス電位により基台 3 及びシリコン基板 S に向けて加速され、シリコン基板 S に衝突してこれをエッティングする。斯くして、これら F ラジカル及びイオンによってマスク開口部のシリコン基板 S 表面（エッティンググランド）がエッティングされ、所定幅及び深さの溝等が形成される。

一方、 C_4F_8 ガスはプラズマ化されることにより重合物となって溝等の壁面及び底面（エッティンググランド）に堆積してフロロカーボン膜を形成する働きをする。このフロロカーボン膜は F ラジカルと反応せず、F ラジカルに対する保護膜として作用し、この保護膜によってサイドエッティングやアンダーカットが防止される。

このように、 SF_6 ガス及び C_4F_8 ガスを同時にエッチング室 2a 内に供給して得られるプラズマの存在下では、F ラジカル及びイオン照射によるエッティングと、重合による保護膜の形成という相反する作用が同時に溝等の壁面及び底面上で進行する。詳細には、イオン照射の多い底

面では、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がより強く作用して、Fラジカル及びイオンによるエッティングが進行し易く、一方イオン照射の少ない壁面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し易い。

5 以上のこと考慮して本実施形態においては、SF₆ガス及びC₄F₈ガスの流量、並びにコイル16に印加される高周波電力及び基台3に印加される高周波電力を、上述した如く第2図に示すようにそれぞれ制御している。

具体的には、第2図においてeで示す時間帯については、SF₆ガス10 の供給量をV_{e1}と多くし、C₄F₈ガスの供給量をV_{e2}と少なくするとともに、コイル16に印加される高周波電力をW_{e1}と高くし、基台3に印加される高周波電力をW_{e2}と高くしている。SF₆ガスの供給量を多くし、C₄F₈ガスの供給量を少なくし、コイル16に印加される高周波電力を高くすることにより、エッティングに必要なFラジカルやイオ15 ンを適量生成することができる一方、重合物の生成をサイドエッティングやアンダーカットを防止することができる最低限の量に押さえることができる。また、基台3に印加される高周波電力を高くすることにより、イオン照射速度を高め、エッティング速度を高めることができる。

以上により、イオン照射の多いエッティンググランド（底面）について20 は、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がかなり強く作用して、Fラジカルやイオンによるエッティングが進行する一方、イオン照射の少ない壁面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し、エッティングによって順次形成される壁面がこの保護膜によって直ちに被覆される。

25 一方、第2図においてdで示す時間帯については、SF₆ガスの供給量をV_{d2}と少なくし、C₄F₈ガスの供給量をV_{d1}と多くするとともに

、コイル 1 6 に印加される高周波電力を W_{c_2} と低くし、基台 3 に印加される高周波電力を W_{p_2} と低くしている。SF₆ ガスの供給量を少なくし、C₄F₈ ガスの供給量を多くすることにより、保護膜形成に必要な重合物をより多く生成することができる一方、F ラジカルやイオンの生成を、エッティンググランドに堆積される重合物を剥離するのに必要な最低限の量に押さえることができる。また、基台 3 に印加される高周波電力を低くすることにより、エッティンググランドに堆積される重合物を剥離するのに必要な程度にイオン照射速度を遅くすることができ、壁面に堆積される保護膜がイオン照射によって剥離されるのを防止することができる。

以上により、エッティンググランド（底面）については、堆積される重合物をイオン照射によって剥離する程度にエッティングが抑制される一方、イオン照射の少ない壁面では、より多くの重合物が堆積して、強固な保護膜が形成される。

斯くして、以上の e 工程及び d 工程を順次繰り返して実施することにより、主としてエッティングの進行する工程と、主として保護膜形成の進行する工程とが交番的に繰り返され、エッティングによって順次形成される壁面が保護膜によって直ちに被覆されるとともに、引き続いて実行される工程において、保護膜が更に強固に形成されるので、上述したサイドエッティングやアンダーカットを確実に防止することができ、これにより、内壁面が垂直であり且つその凹凸が所定の基準値以下であるトレーナーを、効率よくシリコン基板 S 上に形成することができる。

このような作用を奏するための前記 SF₆ ガスの流量 V_{c_1} は 60 ~ 600 ml / min の範囲であるのが好ましく、前記 C₄F₈ ガスの流量 V_{d_1} は 50 ~ 400 ml / min の範囲であるのが好ましい。

また、上記のように、C₄F₈ ガスの流量 V_{d_2} は、SF₆ ガスの流量

V_{d_1} との比において、 $V_{d_2} : V_{d_1}$ が5～12：100の範囲となるような流量であるのが好ましい。 V_{d_2} が5未満であると、 C_4F_8 ガスの量が少なすぎて、エッティングによって形成された壁面を有効に保護することができず、一方、 V_{d_2} が12を超えると、 C_4F_8 ガスの量が多すぎて、エッティンググランドに保護膜が形成され易く、エッティング作用をなすエネルギーが保護膜の剥離に多く費やされて、エッティング速度が低下するからである。

また、 SF_6 ガスの流量 V_{e_2} は、 C_4F_8 ガスの流量 V_{d_1} との比において、 $V_{e_2} : V_{d_1}$ が2～5：100の範囲となるような流量であるのが好ましい。 V_{e_2} が2未満であると、 SF_6 ガスの量が少なすぎて、エッティンググランドに保護膜が形成されるのを十分に抑制することができないため、十分なエッティング速度が得られず、一方、 V_{e_2} が5を超えると、 SF_6 ガスの量が多すぎて、前記壁面がエッティングされ易い環境となり、その表面精度が悪化するからである。

また、コイル16に印加される高周波電力 W_{e_1} は800～3000Wの範囲であるのが好ましく、 W_{e_2} は600～2500Wの範囲であるのが好ましい。更に、基台3に印加される高周波電力 W_{d_1} は3～50W（更に好ましくは10～50W）の範囲であるのが好ましく、 W_{d_2} は2～25W（更に好ましくは5～25W）の範囲であるのが好ましい。

また、前記e工程の実施時間は3～45秒の範囲が好ましく、前記d工程の実施時間は3～30秒の範囲が好ましい。

このように、本例によれば、 SF_6 ガスと C_4F_8 ガス（フロロカーボンガス）との混合ガスを用いいるとともに、エッティング進行工程における混合ガス、及び保護膜形成工程における混合ガスを、それぞれ上記混合比率とすることで、エッティング進行工程で保護膜形成ガスを用いず、

且つ保護膜形成工程でエッティングガスを用いないエッティング法に比べて、エッティング速度を速くし、しかも、エッティングによって形成される壁面を、表面精度の高い平滑面とすることができます。

そして、このような精度の高いエッティングを行うことで、半導体集積回路の高集積化や高密度化を図ることができ、また、形状精度の高いマイクロマシンを製造することができる。

以下、本発明におけるより具体的な効果を実験例に基づいて説明する。

1. 実験例 1

10 エッティングガスとして SF₆ガスを用い、保護膜形成ガスとして C₄F₈ガスを用い、コイル 16 に印加される高周波電力 W_{e1} を 2200W 、 W_{e2} を 1500W とし、基台 3 に印加される高周波電力 W_{d1} を 40W 、 W_{d2} を 20W とし、 e 工程の SF₆ ガスの流量 V_{e1} を 450ml /min とし、 d 工程の C₄F₈ ガスの流量 V_{d1} を 150ml /min 15 とするとともに、 d 工程の SF₆ ガスの流量 V_{e2} を、 0ml /min 、 3ml /min 、 4.5ml /min 、 7.5ml /min 、 15ml /min と変化させ、且つ、 e 工程の C₄F₈ ガスの流量 V_{d2} を、 0ml /min 、 22.5ml /min 、 31.5ml /min 、 54ml /min 、 90ml /min 、 135ml /min と変化させた各条件 20 下でシリコン基板をエッティングし、当該シリコン基板上に第 3 図に示すような穴 31 を形成した。

尚、 e 工程の処理時間を 8.5 秒とし、 d 工程の処理時間を 3 秒として、この e 工程と d 工程とを 15 分間繰り返して実施した。また、エッティングチャンバ 2 内の圧力は、 e 工程では 4.0Pa 、 d 工程では 1.25Pa であった。

そして、上記各エッティング条件下でのエッティング速度、並びに形成さ

れた穴壁面 32 の表面精度（凹凸） ρ (nm)、及び壁面 32 の溝底面に対する角度 θ (°) をそれぞれ測定した。その結果を、第4図乃至第9図に示す。尚、第4図は、上記各エッティング条件下におけるエッティング速度 ($\mu\text{m}/\text{min}$) の測定結果を示した表であり、第5図は、そのグラフである。また、第6図は、前記表面精度（凹凸） ρ (nm) の測定結果を示した表であり、第7図は、そのグラフである。また、第8図は、前記角度 θ (°) の測定結果を示した表であり、第9図は、そのグラフである。

また、第4図、第6図、第8図において、SF₆ガスの流量 V_{d_2} は、
10 C₄F₈ガスの流量 V_{d_1} (150 ml/min) を100とした場合の流量（容量）比でこれを表し、C₄F₈ガスの流量 V_{d_2} も同様に、SF₆ガスの流量 V_{d_1} (450 ml/min) を100とした場合の流量（容量）比でこれを表している。

第4図乃至第9図に示すように、d工程でSF₆ガスを用いない場合
15 (A=0の場合) には、e工程でのC₄F₈ガスの流量 V_{d_2} を多くするほど表面精度（凹凸） ρ (nm) や角度 θ (°) は良好となるが、エッティング速度が低下する傾向にあり、また、e工程でC₄F₈ガスを用いない場合には、d工程でのSF₆ガスの流量 V_{d_2} を多くするほどエッティング速度は速くなるが、その一方、表面精度（凹凸） ρ (nm) や角度
20 θ (°) が悪化する傾向にあることが分かる。

そして、この結果から、d工程でのSF₆ガスの流量 V_{d_2} 及びをe工程でのC₄F₈ガスの流量 V_{d_2} を適量とすることで、エッティング速度、表面精度（凹凸） ρ (nm) 及び角度 θ (°) のそれぞれを良好なものとすることができますと予想されるが、本実験例では、上記第4図乃至第9図に示すように、SF₆ガスの流量 V_{d_2} のC₄F₈ガスの流量 V_{d_1} に対する流量比が2~5の範囲であり、且つC₄F₈ガスの流量 V_{d_2} のS

F_6 ガスの流量 $V_{e,1}$ に対する流量比が 5 ~ 12 の範囲である場合に、 e 工程で C_4F_8 ガスを用いず、且つ d 工程で SF_6 ガスを用いない場合（即ち、 $A = 0$ 及び $B = 0$ の場合）と比べて、エッティング速度が速く、しかも表面精度（凹凸） ρ (nm) や角度 θ (°) を良好にできることが
5 判明した。

尚、エッティング速度は、速ければ速い程好ましいが、本例では、上記のように、 e 工程で C_4F_8 ガスを用いず、且つ d 工程で SF_6 ガスを用いない場合（即ち、 $A = 0$ 及び $B = 0$ の場合）と比べて、同程度以上となるエッティング速度を好ましい速度と判断した。また、表面精度（凹凸） ρ (nm) についても、これが小さい方が好ましいが、 e 工程で C_4F_8 ガスを用いず、且つ d 工程で SF_6 ガスを用いない場合（即ち、 $A = 0$ 及び $B = 0$ の場合）と比べて、同程度以下となる表面精度を好ましい精度と判断した。更に、角度 θ (°) は、90° に近い方がより好ましいが、91° 以下を好ましい角度とした。
10

15 2. 実験例 2

同じくエッティングガスとして SF_6 ガスを用い、保護膜形成ガスとして C_4F_8 ガスを用い、コイル 1.6 に印加される高周波電力 $W_{c,1}$ を 900 W、 $W_{c,2}$ を 800 W とし、基台 3 に印加される高周波電力 $W_{p,1}$ を 25 W、 $W_{p,2}$ を 5 W とし、 e 工程の SF_6 ガスの流量 $V_{e,1}$ を 200 ml / min とし、 d 工程の C_4F_8 ガスの流量 $V_{d,1}$ を 60 ml / min とするとともに、 d 工程の SF_6 ガスの流量 $V_{d,2}$ を、0 ml / min, 1.2 ml / min, 1.8 ml / min, 3 ml / min, 6 ml / min と変化させ、且つ、 e 工程の C_4F_8 ガスの流量 $V_{e,2}$ を、0 ml / min, 10 ml / min, 14 ml / min, 24 ml / min, 40 ml / min と変化させた各条件下でシリコン基板をエッティングし、
20 当該シリコン基板上に第 3 図に示すような穴 3.1 を形成した。
25

尚、e工程の処理時間を15秒とし、d工程の処理時間を7秒として、このe工程とd工程とを30分間繰り返して実施した。また、エッチングチャンバ2内の圧力は、e工程では2.5Pa、d工程では0.8Paであった。

5 そして、上記各エッチング条件下で、そのエッティング速度、並びに形成された穴壁面32の表面精度（凹凸） ρ （nm）、及び壁面32の溝底面に対する角度 θ （°）をそれぞれ測定した。その結果を、第10図乃至第15図に示す。尚、第10図は、上記各エッティング条件下におけるエッティング速度（ $\mu\text{m}/\text{min}$ ）の測定結果を示した表であり、第1
10 11図は、そのグラフである。また、第12図は、前記表面精度（凹凸） ρ （nm）の測定結果を示した表であり、第13図は、そのグラフである。また、第14図は、前記角度 θ （°）の測定結果を示した表であり、第15図は、そのグラフである。

また、第10図、第12図、第14図において、SF₆ガスの流量V_{d2}は、C₄F₈ガスの流量V_{d1}（60ml/min）を100とした場合の流量比でこれを表し、C₄F₈ガスの流量V_{d2}も同様に、SF₆ガスの流量V_{e1}（200ml/min）を100とした場合の流量比でこれを表している。

第10図乃至第15図に示すように、この実験例においても、d工程でSF₆ガスを用いない場合（A=0の場合）には、e工程でのC₄F₈ガスの流量V_{d2}を多くするほど表面精度（凹凸） ρ （nm）や角度 θ （°）は良好となるが、エッティング速度が低下する傾向にあり、また、e工程でC₄F₈ガスを用いない場合には、d工程でのSF₆ガスの流量V_{d2}を多くするほどエッティング速度は速くなるが、その一方、表面精度（凹凸） ρ （nm）や角度 θ （°）が悪化する傾向にあることが分かり、この結果から、d工程でのSF₆ガスの流量V_{d2}及びをe工程での

C_4F_8 ガスの流量 V_{d2} を適量とすることにより、エッティング速度、表面精度（凹凸） ρ (nm) 及び角度 θ (°) のそれぞれを良好なものにできることが分かる。

そして、本実験例においても、上記第10図乃至第15図に示すよう
5 に、 SF_6 ガスの流量 V_{o2} の C_4F_8 ガスの流量 V_{d1} に対する流量比が
2 ~ 5 の範囲であり、且つ C_4F_8 ガスの流量 V_{d2} の SF_6 ガスの流量
 V_{o1} に対する流量比が 5 ~ 12 の範囲である場合に、エッティング速度
、表面精度（凹凸） ρ (nm) 及び角度 θ (°) のいずれをも良好にで
きることが判明した。尚、エッティング速度、表面精度（凹凸） ρ (nm
10) 及び角度 θ (°) の好ましい範囲については、上記実験例1における
基準と同じ基準に依ることとした。

実験例2は、実験例1に比べてコイル16に印加される高周波電力 W_{o1} 及び W_{o2} を下げ、基台3に印加される高周波電力 W_{p1} 及び W_{p2} を
下げるとともに、これに応じて、 SF_6 ガスの流量 V_{o1} 及び C_4F_8 ガ
15 スの流量 V_{d1} を少なくした条件下で実験を行ったが、これら、実験例
1及び2から分かるように、コイル16に印加される高周波電力 W_{o1} ,
 W_{o2} 及び基台3に印加される高周波電力 W_{p1} , W_{p2} の大きさに依ら
ず、また、 SF_6 ガスの流量 V_{o1} 及び C_4F_8 ガスの流量 V_{d1} の多い少
ないに依らず、 SF_6 ガスの流量 V_{o2} の C_4F_8 ガスの流量 V_{d2} に対す
20 る流量比が 2 ~ 5 の範囲であり、且つ C_4F_8 ガスの流量 V_{d2} の SF_6
ガスの流量 V_{o1} に対する流量比が 5 ~ 12 の範囲である場合に、エッ
チング速度、表面精度（凹凸） ρ (nm) 及び角度 θ (°) のいずれを
も良好にできることが分かった。

25 産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかるシリコン基板のエッティング方法及びエ

ッチング装置は、ドライエッチングプロセスによって、シリコン基板に
、例えば、溝などの構造面を形成する際に、好適に用いることができる

。

請求の範囲

1. シリコン基板表面にエッティングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッティングガスを用いて前記エッティングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッティングして所定の構造面を形成するエッティング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッティングする方法であって、
 - 前記エッティング工程を、
 - 前記シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えつつ、
 - エッティングガスとしてのSF₆ガスと、保護膜形成ガスとしてのフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッティンググランドにおける前記ドライエッティングを進行させる工程と、同じく前記SF₆ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッティンググランドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返して行うようにしたエッティング方法において、前記ドライエッティング進行工程における前記混合ガスを、SF₆ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量混合させたものとし、
 - 前記保護膜形成工程における前記混合ガスを、フロロカーボンガス100容量に対してSF₆ガスを2～5容量混合させたものとしたことを特徴とするシリコン基板のエッティング方法。
 2. 前記シリコン基板に印加する電力を、前記ドライエッティング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低くすることを特徴とする請求の範囲第1項記載のシリコン基板のエッティング方法。
 3. 前記エッティング工程においてプラズマを発生させるための高周波電

力を、前記ドライエッティング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低くすることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載のシリコン基板のエッティング方法。

4. 被エッティング物たるシリコン基板を収納するエッティングチャンバと
5. 、

前記エッティングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、

前記エッティングチャンバ内にエッティングガスたるSF₆ガスを供給するエッティングガス供給手段と、

- 10 前記エッティングチャンバ内に保護膜形成ガスたるフロロカーボンガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、

前記エッティングチャンバ内を減圧する減圧手段と、

- 前記エッティングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッティングチャンバ内に供給された前記SF₆ガス及びフロロカーボンガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、

- 前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、
前記エッティングガス供給手段及び前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッティングチャンバ内に供給される前記SF₆ガス及びフロロカーボンガスの流量を制御するガス流量制御手段と、

- 前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、

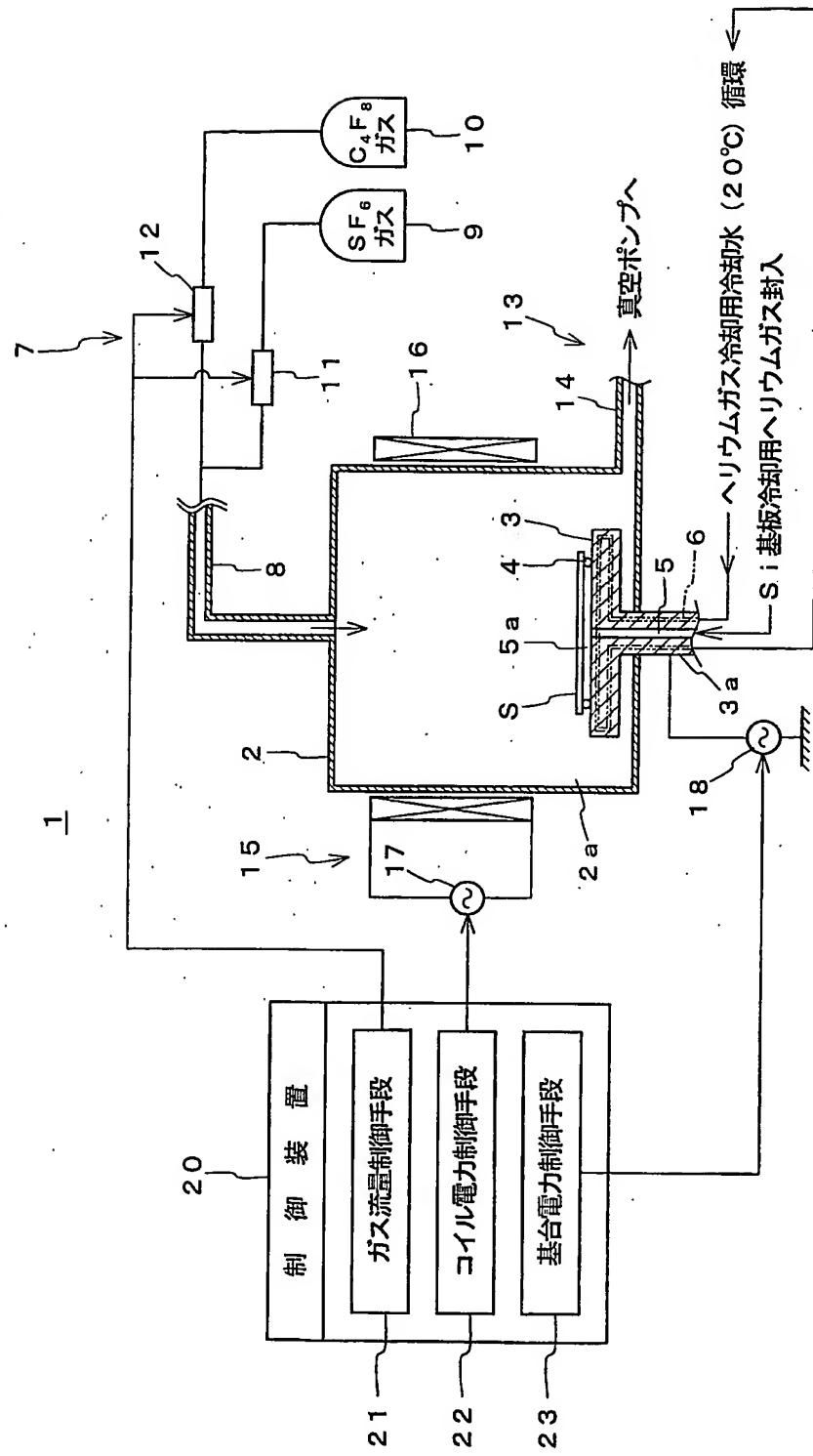
前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

- 25 前記ガス流量制御手段は、前記SF₆ガスとフロロカーボンガスを連続的且つその供給量を周期的に変化させて前記エッティングチャンバ内に

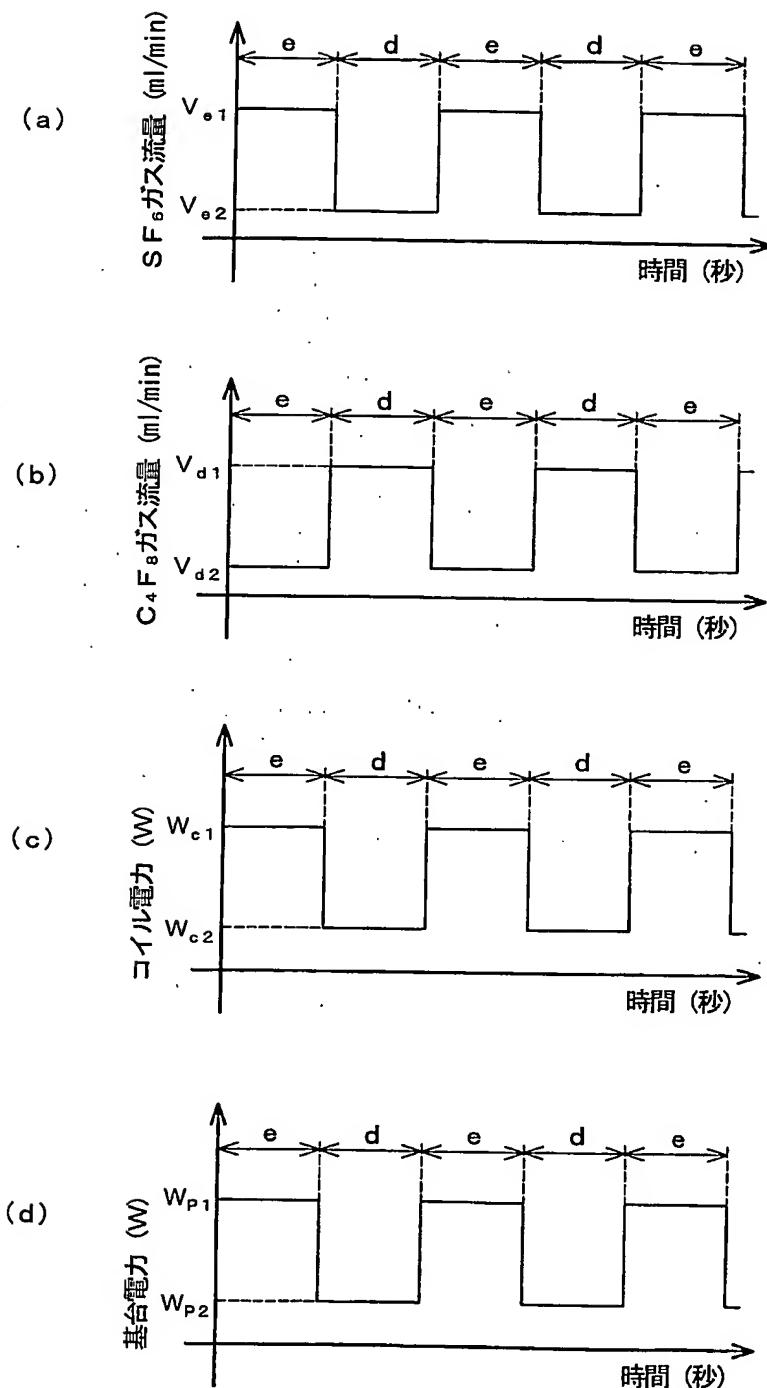
- 供給するとともに、両者の位相が逆となるように前記供給量を制御し、更に、前記 SF₆ ガスの多量供給時には SF₆ ガス 100 容量に対してフロロカーボンガスを 5 ~ 12 容量供給し、前記フロロカーボンガスの多量供給時にはフロロカーボンガス 100 容量に対して SF₆ ガスを 2
5 ~ 5 容量供給するように構成されてなることを特徴とするシリコン基板のエッティング装置。
5. 前記基台電力制御手段は、前記基台に印加される電力を、前記 SF₆ ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されてなることを特徴とする請求の範囲第 4 項
10 記載のシリコン基板のエッティング装置。
6. 前記コイル電力制御手段は、前記コイルに印加される電力を、前記 SF₆ ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されてなることを特徴とする請求の範囲第 4 項又は第 5 項記載のシリコン基板のエッティング装置。

1 / 9

第1図

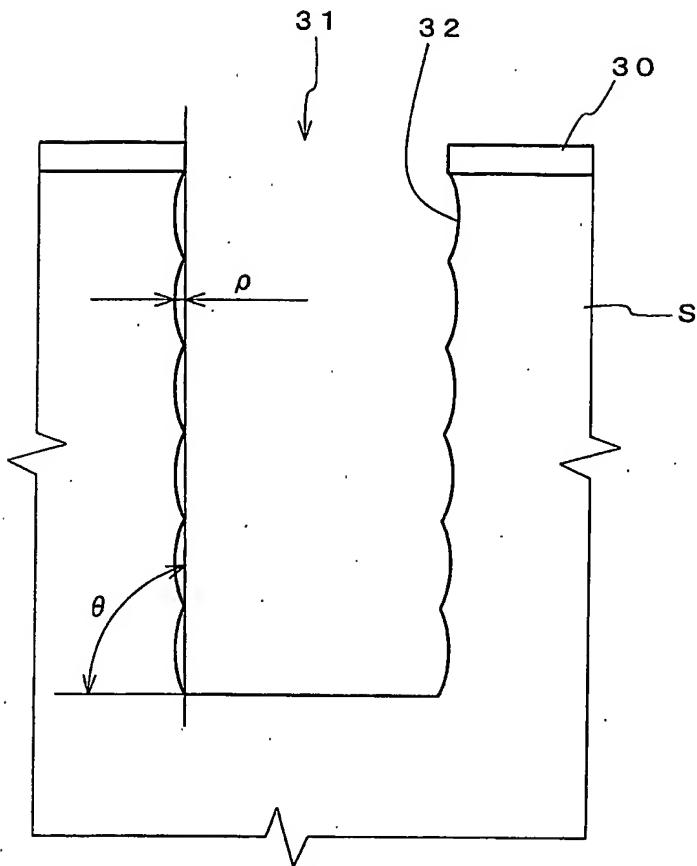


第2図



3/9

第3図



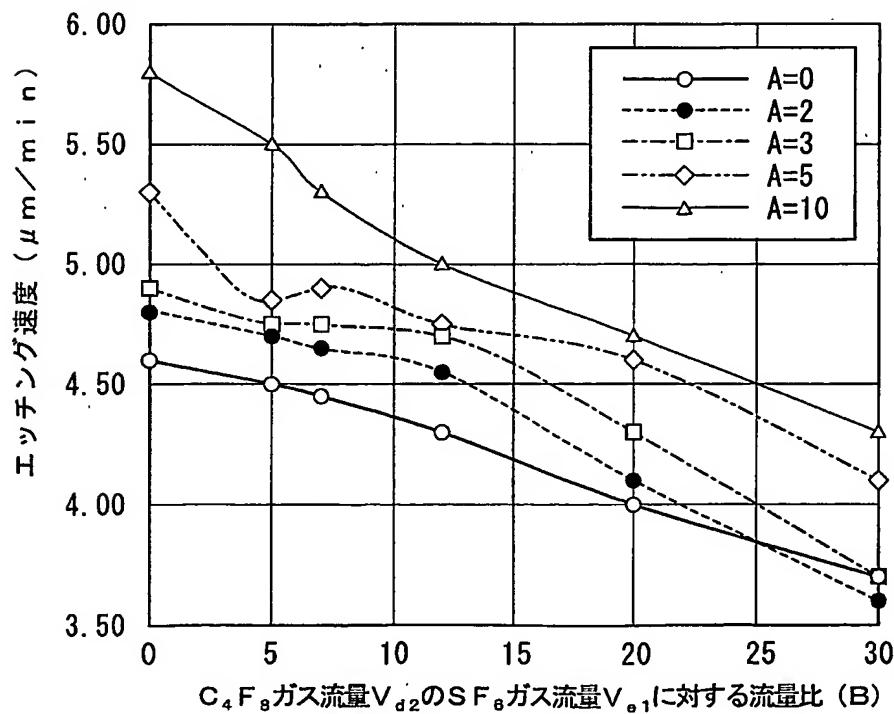
4/9

第4図

エッチング速度 ($\mu\text{m}/\text{min}$)

		C_4F_8 ガス流量 V_{d2} の SF_6 ガス流量 V_{e1} に対する流量比 (B)					
		0	5	7	12	20	30
SF_6 ガス流量 V_{e2} の C_4F_8 ガス流量 V_{d1} に対する流量比 (A)	0	4.60	4.50	4.45	4.30	4.00	3.70
	2	4.80	4.70	4.65	4.55	4.10	3.60
	3	4.90	4.75	4.75	4.70	4.30	3.70
	5	5.30	4.85	4.90	4.75	4.60	4.10
	10	5.80	5.50	5.30	5.00	4.70	4.30

第5図

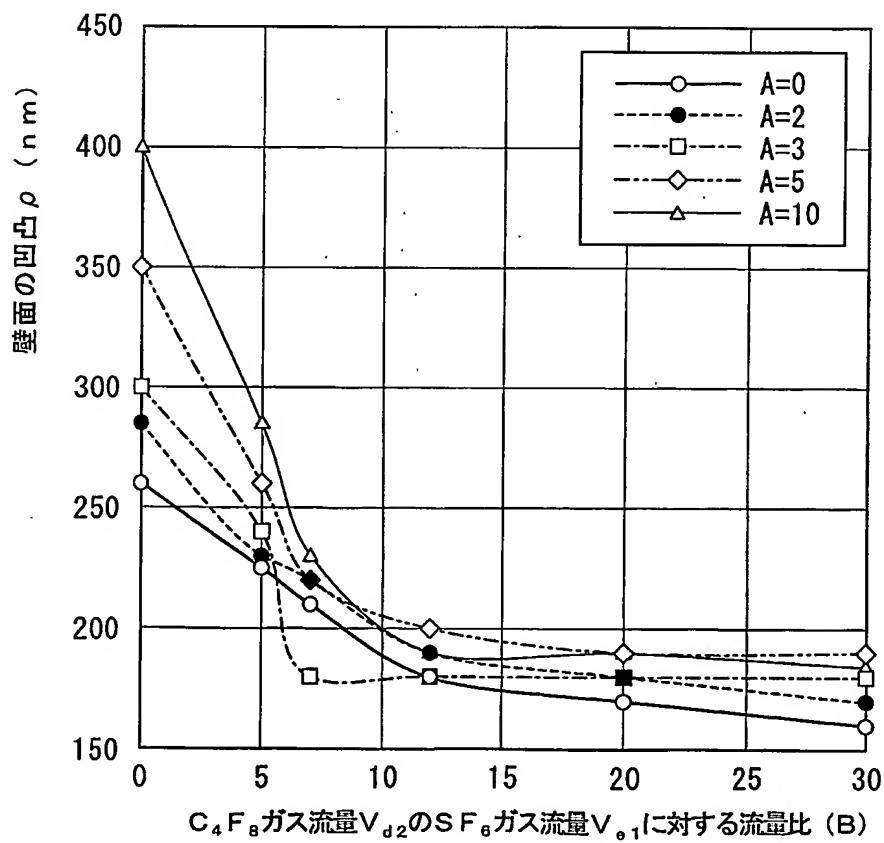


第6図

壁面の凹凸 ρ (nm)

		C_4F_8 ガス流量 V_{d2} の SF_6 ガス流量 V_{e1} に対する流量比 (B)					
		0	5	7	12	20	30
SF_6 ガス流量 V_{e2} の C_4F_8 ガス流量 V_{d1} に対する流量比 (A)	0	260	225	210	180	170	160
	2	285	230	220	190	180	170
	3	300	240	180	180	180	180
	5	350	260	220	200	190	190
	10	400	285	230	190	190	185

第7図

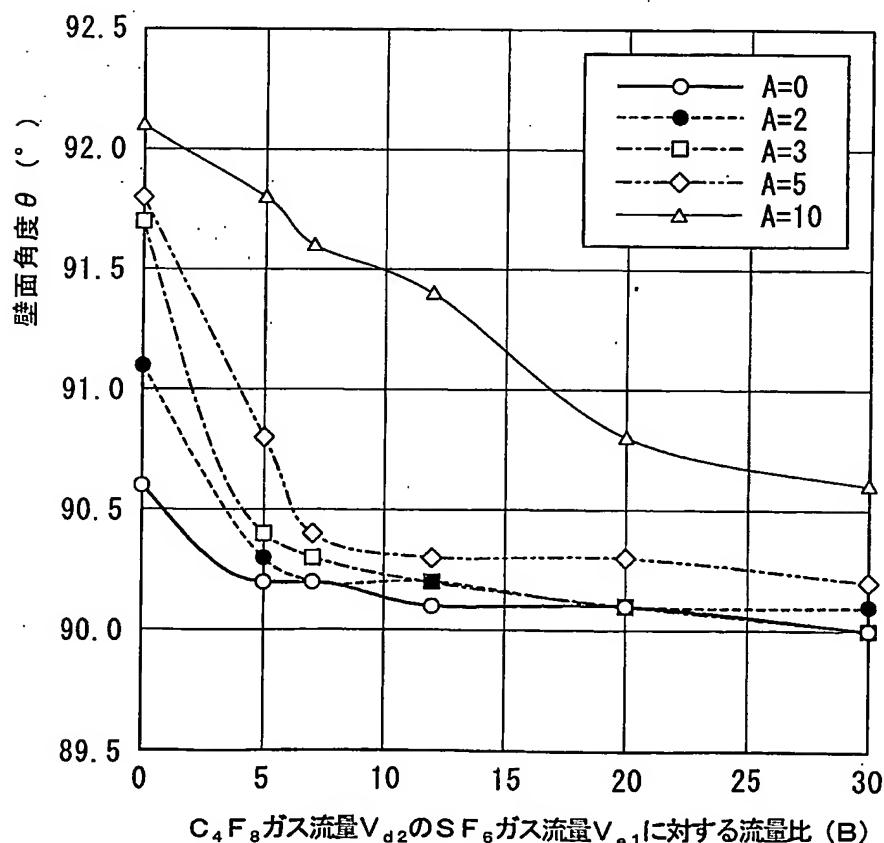


第8図

壁面角度 θ (°)

		C_4F_8 ガス流量 V_{d2} の SF_6 ガス流量 V_{e1} に対する流量比 (B)					
		0	5	7	12	20	30
SF_6 ガス流量 V_{e2} の C_4F_8 ガス流量 V_{d1} に対する流量比 (A)	0	90.6	90.2	90.2	90.1	90.1	90.0
	2	91.1	90.3	90.2	90.2	90.1	90.1
	3	91.7	90.4	90.3	90.2	90.1	90.0
	5	91.8	90.8	90.4	90.3	90.3	90.2
	10	92.1	91.8	91.6	91.4	90.8	90.6

第9図

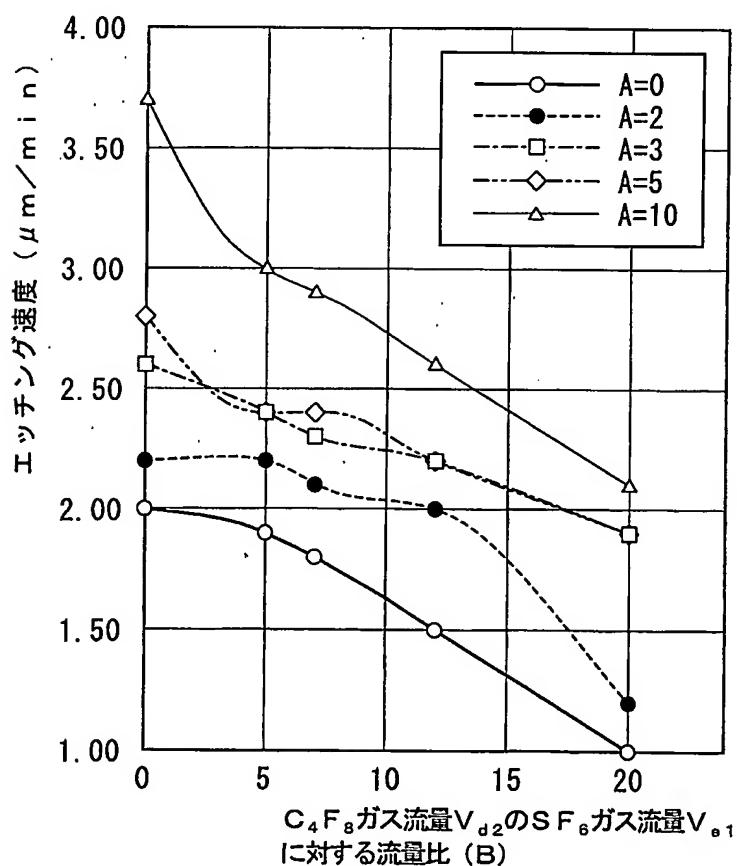


7/9

第10図

		エッチング速度 ($\mu\text{m}/\text{min}$)				
		C_4F_8 ガス流量 V_{d2} の SF_6 ガス流量 V_{e1} に対する流量比 (B)				
SF_6 ガス流量 V_{e2} の C_4F_8 ガス流量 V_{d1} に対する流量比 (A)	0	5	7	12	20	
	0	2.00	1.90	1.80	1.50	1.00
	2	2.20	2.20	2.10	2.00	1.20
	3	2.60	2.40	2.30	2.20	1.90
	5	2.80	2.40	2.40	2.20	1.90
	10	3.70	3.00	2.90	2.60	2.10

第11図

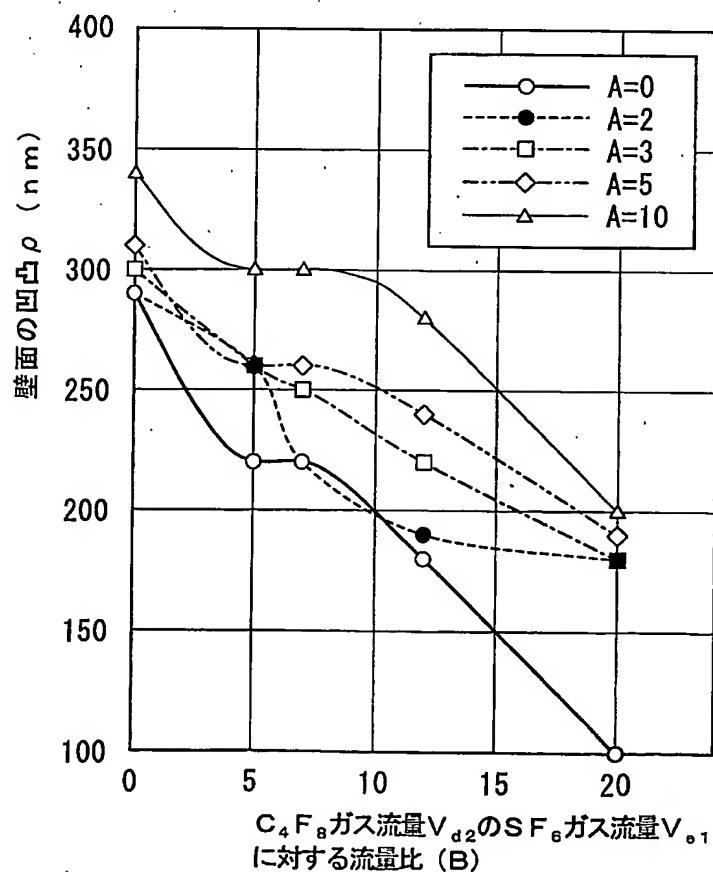


第12図

壁面の凹凸 ρ (nm)

		C_4F_8 ガス流量 V_{d2} の SF_6 ガス流量 V_{e1} に対する流量比 (B)				
		0	5	7	12	20
SF_6 ガス流量 V_{e2} の C_4F_8 ガス流量 V_{d1} に対する流量比 (A)	0	290	220	220	180	100
	2	290	260	220	190	180
	3	300	260	250	220	180
	5	310	260	260	240	190
	10	340	300	300	280	200

第13図



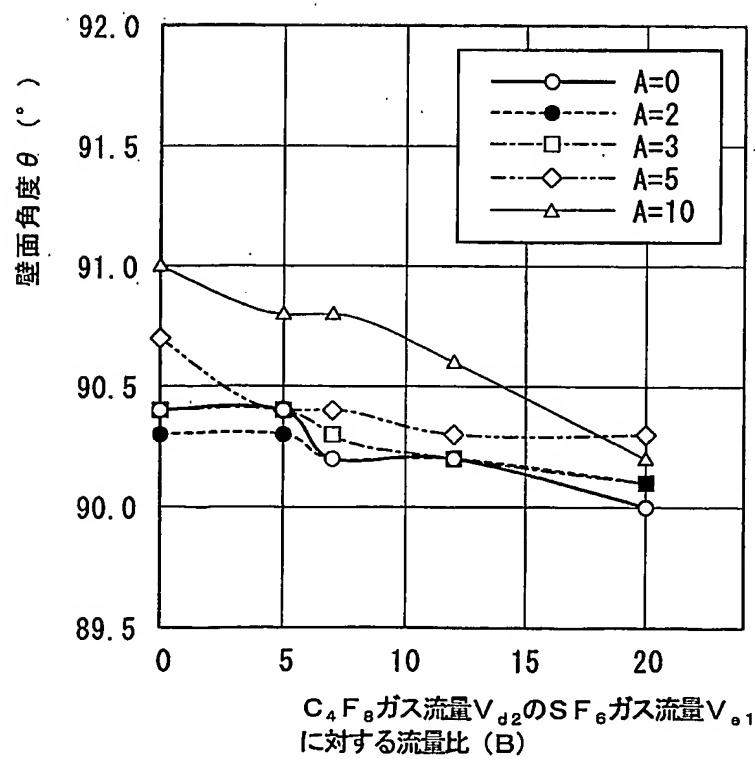
9/9

第14図

壁面角度 θ (°)

		C_4F_8 ガス流量 V_{d2} の SF_6 ガス流量 V_{e1} に対する流量比 (B)				
		0	5	7	12	20
SF_6 ガス流量 V_{e2} に対する流量比 (A)	0	90.4	90.4	90.2	90.2	90.0
	2	90.3	90.3	90.2	90.2	90.1
	3	90.4	90.4	90.3	90.2	90.1
	5	90.7	90.4	90.4	90.3	90.3
	10	91.0	90.8	90.8	90.6	90.2

第15図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2004/003693

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-323454 A (Alcatel), 24 November, 2000 (24.11.00), Claims 1, 9; Par. Nos. [0015] to [0022] & EP 1047122 A & US 6383938 B2	1-6
A	JP 2000-299310 A (Denso Corp.), 24 October, 2000 (24.10.00), Par. Nos. [0063] to [0069] (Family: none)	1-6.
A	JP 11-195641 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 July, 1999 (21.07.99), Par. Nos. [0022] to [0027]; Fig. 2 (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

- * Special categories of cited documents:
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 June, 2004 (10.06.04)

Date of mailing of the international search report
29 June, 2004 (29.06.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl' H01L21/3065

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl' H01L21/3065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2000-323454 A (アルカテル) 2000.11.24 【請求項1】 【請求項9】 【0015】 - 【0022】 & E P 1047122 A & U S 6383938 B2	1-6
A	J P 2000-299310 A (株式会社デンソー) 2000.10.24 【0063】 - 【0069】 (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示す
もの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日
以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行
日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する
文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって
出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論
の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明
の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以
上の文献との、当業者にとって自明である組合せに
よって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 10.06.2004	国際調査報告の発送日 29.6.2004.
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 今井 拓也 電話番号 03-3581-1101 内線 3469 4R 9169

C (続き) 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-195641 A (松下電器産業株式会社) 1999.07.21 【0022】-【0027】【図2】 (ファミリーなし)	1-6

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (2004年1月)